

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 06327291  
 PUBLICATION DATE : 25-11-94

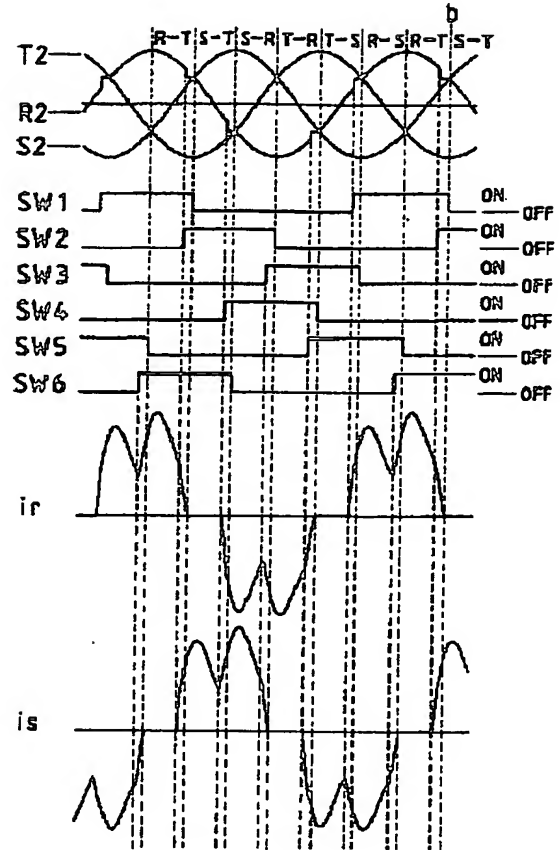
APPLICATION DATE : 11-05-93  
 APPLICATION NUMBER : 05132504

APPLICANT : FANUC LTD;

INVENTOR : HARADA TAKASHI;

INT.CL. : H02P 7/63 H02M 7/72 H02P 3/18

TITLE : CONTROL METHOD FOR  
 REGENERATIVE CURRENT  
 FEEDBACK



**ABSTRACT :** **PURPOSE:** To reduce strain on supply voltage by minimizing variation in current when changing the phase of power supply in which a regenerative current is fed back.

**CONSTITUTION:** When changing the phases R2, S2 and T2 of power supply in which a regenerative current is fed back, one of switching elements SW1-SW6 is turned on before the previous one is turned off. These two switching elements' being on during switching operation, represents a short circuit between the phase terminals of the power supply. However, the voltage of a phase in which one switching element is to be turned off is almost equal to that of a phase in which another switching element is to be turned on; therefore, variation in voltage is slight. For the reason variation in current is slight as well, which minimizes strain on supply voltage. This prevents the malfunctions of electrical apparatus and machines connected to the power supply due to strain thereon.

**COPYRIGHT:** (C)1994,JPO

## DETAILED DESCRIPTION

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the regeneration current feedback control method at the time of the power supply regeneration actuation in the inverter equipment for motorised.

[0002]

[Description of the Prior Art] As a method of returning regeneration current to a power supply, to three-phase power, in the inverter equipment for motorised etc., on-off control of the switching element is carried out so that regeneration current may be passed to the phase whose absolute value of supply voltage is two [ high ]. Drawing 1 is drawing showing the important section of the means related to this power supply regeneration actuation. R, S, and T mean R phase of three-phase power, an S phase, and T phase terminal among drawing, and a sign 1 is an inductance containing the suspension inductance from AC reactor and this AC reactor to a power supply. SW1-SW6 are [ diode and C. of a switching element, and D1-D6 ] DC link capacitors.

[0003] Drawing 4 is explanatory drawing of the regeneration current control action at the time of the power supply regeneration actuation by the conventional method in the configuration mentioned above. In drawing 1, the curve which shows each phase terminal by the side of the power supply of an inductance 1 to the maximum upper case in drawing 4 when the terminal by the side of R1, S1, T1, and a switching element is set to R2, S2, and T2 shows the voltage (each phase voltage of a power supply) of terminals R2, S2, and T2, and is indicated under this curve, and \*\*\*\* SW1-SW6 shows ON/OFF state of a switching element. Moreover, the output current of R phase is shown. In addition, in drawing 4, only R phase has filled in the power supply noise.

[0004] When the voltage of R phase of a power supply is the highest, a switching element SW1 is set to ON, and a switching element SW5 or a switching element SW6 is set to ON (when the voltage of an S phase is low No. 1) (when the voltage of T phase is low No. 1), and it is regeneration current to an R phase-S phase or an R phase-T phase. He is trying to pass. Moreover, when S phase voltage is the highest, he sets a switching element SW2 to ON, and is trying for regeneration current to flow to an S phase-R phase or an S phase-T phase as switching element SW4 (when for voltage of R phase to be low No. 1), or switching element SW6 (when for the voltage of T phase to be low No. 1) ON. Furthermore, when T phase voltage is the highest, he sets a switching element SW3 to ON, and is trying for regeneration current to flow to a T phase-R phase or T phase-S phase as switching element SW4 (when for voltage of R phase to be low No. 1), or switching element SW5 (when for the voltage of an S phase to be low No. 1) ON.

[0005] When one of each of the switching elements SW1-SW6 changes from ON off and other switching elements change from OFF to ON, there is slight delay, and a noise occurs to a power supply at this time. a [ SW1 and SW6 ] in drawing 4, i.e., switching elements, for example, by ON Regeneration current The switching element SW1 from DC link voltage side, a terminal R2, the inductance L of R phase When regeneration current is flowing in the circuit by the side of a terminal R1, a power supply, a terminal T1, T phase inductance L, a switching element SW6, and DC link voltage, Next, in order for the voltage of the S phase of a power supply to become large and to make it return to this S phase, a switching element SW1 is turned OFF. When it is made a switching element SW2, with the energy which the between where both the switching elements SW1 and SW2 are off was generated between ON in the meantime and off delay, and was accumulated in the inductance of R phase and T phase A terminal R2, R phase inductance L, a terminal R1, a power supply, a terminal T1, T phase inductance L, a terminal T2, a switching element SW6, diode D4, a terminal R2, and current flow, a terminal R2 and a terminal T2 will be in the condition of having connected too hastily, and the voltage of a terminal R2 and a terminal T2 will become the same. Consequently, as shown in drawing 4, the voltage of a terminal R2 changes to the midpoint of the voltage of the terminal R2 till then, and the voltage of a terminal T2 (in addition, although only the power supply noise of R phase is indicated to drawing 4, the voltage of a terminal T2 also changes in a points (in the case of drawing 4, it goes up), and it becomes the same as that of a terminal R2 and a terminal T2.).

[0006] And since the voltage of a terminal R2 changes a lot in this way, as it is shown in the bottom

of drawing 4, it is feedback current  $i_r$  to R phase. It will change rapidly. other switching elements -- changing -- the time -- setting -- even if -- the same -- supply voltage -- a strain -- being generated -- and feedback current will change rapidly.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] As mentioned above, by a switching element changing, the effect of distortion of this supply voltage sometimes, i.e., other electrical machinery and apparatus connected to the power supply concerned when changing the phase of the power supply to which regeneration current returns and distortion arose in supply voltage, arises, and the cause of malfunction of an electrical machinery and apparatus besides these is made.

[0008] Then, the purpose of this invention is to offer the regeneration current feedback control method of decreasing the distortion to the supply voltage produced when changing feedback to power supply each phase of regeneration current.

[0009]

[Means for Solving the Problem] In case this invention controls a switching element and changes a phase of a power supply which passes regeneration current, it makes small distortion of supply voltage generated at the time of a regeneration current change by controlling a switching element to make a phase which passed regeneration current until now [ setting predetermined section ], and a phase passed next overlap, and to pass to coincidence.

[0010]

[Function] When returning regeneration current, a switching element is changed so that regeneration current may be flowed to the phase which is two with the large absolute value of supply voltage. Therefore, the voltage of the phase which is passing current regeneration current, and the phase changed so that regeneration current may flow to a degree is changed, and is sometimes equivalent voltage. Consequently, even if it prepares the section turned on in the switching element turned OFF and the switching element turned ON next at coincidence and makes both ends short-circuit, there is little change of voltage and the distortion of supply voltage is suppressed small. Moreover, since change of voltage is small, there is also little change of current.

[0011]

[Example] Drawing 3 is explanatory drawing of the regeneration current feedback control method of one example of this invention. In this example, it is turning ON, before turning OFF the switching element which turned on the switching element turned on next until now so that it may understand as compared with drawing 4.

[0012] That is, switching elements SW3 and SW4 are controlled by the section displayed on drawing 3 with the lowest voltage of a terminal R2 with the highest voltage of a terminal T2 as T-R to ON in order to pass regeneration current to T phase and R phase, and regeneration current is passed in it in the inductance L of the inductance L of a switching element SW3 and T phase, a power supply, and R phase, and the path of a switching element SW4. And in the section displayed as T-S by following drawing 3, since the phases with the large absolute value of supply voltage are T phase and an S phase, in order to change regeneration current so that it may flow from R phase to an S phase, before ON \*\*\*\*\* turns OFF a switching element SW4 and turns OFF a switching element SW4 for a switching element SW5 in this case, they turn ON a switching element SW5. Being in the condition that both the switching elements SW4 and SW5 short-circuited both terminals R2 and terminals S2 in the state of ON, both-ends child voltage becomes the same. However, both-ends child voltage changes, and since it is a sometimes almost equal value, there is little voltage change. In drawing 3, although only change of the voltage of a terminal R2 is shown, the voltage of a terminal S2 also changes and both the switching elements SW4 and SW5 become the same [ both the voltage of terminals R2 and S2 ] in the state of ON. Thus, since there is little voltage change, they are the R phase current  $i_r$  and the S phase current  $i_s$ . There is little current change (inclination of current), as shown in drawing 3.

[0013] Before a switching element SW3 becomes off before changing to the next R-S section, a switching element SW1 is turned ON. A terminal R2 and a terminal T2 short-circuit, and both-ends child voltage becomes the same. Since the voltage difference of the both-ends child voltage before a short circuit is small also in this case, there is little change of voltage and also whenever [ change / of R phase current ] is small. Also when changing to the next R-T section, both the switching elements

SW5 and SW6 serve as ON, and short-circuit terminals S2 and T2, but even in this case, since the voltage difference of terminals S2 and T2 is small, voltage change is small. In addition, although drawing 3 indicates only voltage change of a terminal R2 and has not indicated change of terminals S2 and T2, both-ends child voltage serves as the same level.

[0014] Furthermore, although terminals R2 and S2 are short-circuited and it is set to the same voltage level by preparing the section when both the switching elements SW1 and SW2 serve as ON, also when changing from the section of R-T to the section of following S-T, since the variation is small, it is current  $i_r$  of R phase. Variation is small as shown in drawing 3.

[0015] They are each phase current  $i_r$  of regeneration current,  $i_s$ , and it as mentioned above. Although an absolute value can be decreased, the principle is explained below. As a representative of explanation, the condition of b points of drawing 3 is made into an example, and is explained.

Drawing 2 is the circuit diagram which expressed the moment in b in drawing 3 when both the switching elements SW2 and SW3 are turned on in direct current. It sets in this condition of b points, and is V1. The voltage between Tterminal R1-1 [ in / at supply voltage / drawing 1 ], and V2 The voltage between TS1-1 [ in / at a voltage phase lower than supply voltage / drawing 1 ], and V3 It is DC link voltage in drawing 1 on DC link voltage. They are  $i_r$ ,  $i_s$ , and it about the current of R, S, and T phase. If it carries out, the one to 3 following formula will be materialized.

[0016]

$$V3 - L(di_r/dt) - V1 - L(di_t/dt) = 0 \quad -- (1)$$

$$V3 - L(di_s/dt) - V2 - L(di_t/dt) = 0 \quad -- (2)$$

$$(di_r/dt) + (di_s/dt) = (di_t/dt) \quad -- (3)$$

$$\text{The one to 3 above-mentioned formula } (di_t/dt) = (2V3 - V1 - V2) / 3L \quad -- (4)$$

$$(di_r/dt) = (V3 - 2V1 + V2) / 3L \quad -- (5)$$

$$(di_s/dt) = (V3 - 2V2 + V1) / 3L \quad -- (6)$$

Then,  $V3 - V1 = \alpha$  (difference of DC link voltage and supply voltage)

$V1 - V2 = \beta$  (voltage difference of the point which advanced the phase)

When it sets, it is.  $(di_r/dt) = (\alpha - \beta) / 3L \quad -- (7)$

$$(di_s/dt) = (\alpha + 2\beta) / 3L \quad -- (8)$$

$$(di_t/dt) = (2\alpha + \beta) / 3L \quad -- (9)$$

It is Current  $i_r$  by turning on a switching element SW2 by b points, from the seven above-mentioned formula, so that it may be  $\beta > \alpha$ . It can be made to decrease. the R phase current  $i_r$  from -- the current which decreased -- the eight above-mentioned formula -- current is of an S phase It is contained in increment. this actuation -- the R phase current  $i_r$  from -- the S phase current is Current can be switched. Distortion given to the power supply terminal voltage R2 and S2 in this case is  $(R2 + S2) / 2$ .

[0017] moreover -- since it is a thing used as the form which terminals R2 and T2 short-circuited when current change which flows to R phase is seen in a points of drawing 4 in the conventional method corresponding to b points of drawing 3  $-L(di_r/dt) - V1 - L(di_t/dt) = 0 \quad -- (10)$

$i_r = i_t$  it is -- since --  $(di_r/dt) = -V1 / 2L \quad -- (11)$

The value of five formulas and 11 formulas is |5 type | - |11 formula | = |  $(V3 - 2V1 + V2) / 3L | - | -V1 / 2L |$ , when the magnitude of the absolute value is compared, since it is a negative value. =  $\{ (-V3 + 2V1 - V2) / 3L \} - (V1 / 2L)$

$$= (V1 - 2V3 - 2V2) / 6L \quad -- (12)$$

Twelve formulas show that it is  $< (|5 \text{ type } | - |11 \text{ formula } |) > 0$ . This has [ five formulas ] a smaller absolute value, namely, it is shown that this invention of current change is smaller, and it is shown that distortion of the voltage which this gives to a power supply in the case of a current change is more small.

[0018] As mentioned above, in this invention, when changing feedback to power supply each phase of regeneration current, current change (inclination of current) can be suppressed small and the distortion to supply voltage can be decreased. In addition, although the section turned on with the switching element which brings forward the timing of ON of the switching element made to turn on next, and is made to turn off was prepared in the above-mentioned example, off timing of the switching element turned off conversely is made late, and you may make it prepare the section turned on with the switching element turned on next. When the location of b points of drawing 3

explains, for example, in this example Although the section when a switching element SW1 is turned OFF at, a switching element SW2 is turned ON before it at, and both two switching elements SW1 and SW2 are turned on is prepared when moving from the condition that the voltage of R phase is high No. 1 to the condition that the voltage of No. 1 of an S phase becomes high Carry out small extension of the timing turned off switching element SW1 to the field of the S-T section in the condition that the voltage of No. 1 of an S phase becomes high, and it turns OFF. When the phase to which No. 1 voltage becomes high changes from R phase to an S phase, you may make it a switching element SW2 form the section when it turns ON at and both the switching elements SW1 and SW2 serve as ON.

[0019]

[Effect of the Invention] Since this invention suppresses current change (inclination of current) small and decreases the distortion to supply voltage when changing the phase of the power supply to which regeneration current returns, it can make small effect by distortion of supply voltage at other electrical machinery and apparatus connected to the power supply concerned, and can lessen malfunction of an electrical machinery and apparatus besides these etc.

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] A regeneration current feedback control method characterized by making a phase which passed the setting predetermined section and former regeneration current, and a phase passed next overlap, and making coincidence pass in case a phase of a power supply which passes regeneration current is changed in a regeneration current feedback control method at the time of power supply regeneration actuation.

[Claim 2] The regeneration current-feedback control method of controlling switching element ON / OFF to be turned on the switching element for intercepting the flow of the regeneration current to the phase chosen by turning OFF a switching element in the regeneration current-feedback control method which chooses the phase of the power supply which is made turned on / turning off a switching element and passes regeneration current at the time of power supply regeneration actuation, and passing regeneration current to the following phase in setting predetermined section both switching elements of both at the time of the change of the switching element carry out to ON.

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing the important section of the means related to the power supply regeneration actuation in the inverter equipment for motorised which applies one example of this invention.

[Drawing 2] It is explanatory drawing of the regeneration current feedback control method at the time of the power supply regeneration actuation in one example of this invention.

[Drawing 3] It is explanatory drawing which analyzes the flow of the current at the time of ON / off change rate of the switching element in the same example.

[Drawing 4] It is explanatory drawing of the regeneration current feedback control method at the time of the conventional power supply regeneration actuation.

[Description of Notations]

l Inductance Containing AC Reactor and Suspension Inductance

SW1-SW6 Switching element

C DC link capacitor

R Power supply R phase

S Power supply S phase

T Power supply T phase

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-327291

(43) 公開日 平成6年(1994)11月25日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 P 7/63	3 0 2 R	9178-5H		
H 0 2 M 7/72		9181-5H		
H 0 2 P 3/18	1 0 1 B	9063-5H		

審査請求 未請求 請求項の数 2 F D (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平5-132504

(22) 出願日 平成5年(1993)5月11日

(71) 出願人 390008235

ファナック株式会社

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地

(72) 発明者 原田 隆

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

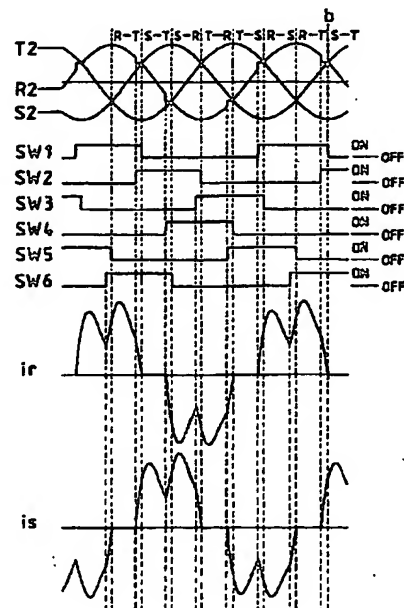
(74) 代理人 弁理士 竹本 松司 (外3名)

(54) 【発明の名称】 再生電流帰還制御方法

(57) 【要約】

【目的】 電源再生動作時に電源電圧の歪みを小さくする。

【構成】 再生電流を帰還させる電源の相 (R2, S2, T2) を切り替える際に、スイッチング素子 (SW1 ~ SW6) をオフにする前に、次にオンにするスイッチング素子をオンにする。切り替え時共にオンとされることによって電源の相端子間が短絡される形となるが、スイッチング素子をオフに使用とする相の電圧とオン使用とする相の電圧は同等で近い電圧であるので、電圧変化は少ない。そのため、電流変化も少なく、電源電圧に歪みを小さく抑えることができる。電源電圧の歪みが小さいので、該電源に接続された他の電気機器の、電源電圧の歪みによる誤動作を防止できる。





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電源回生動作時の回生電流帰還制御方法において、回生電流を流す電源の相を切り替える際に、設定所定区間、今まで回生電流を流した相と次に流す相とに重畳させて同時に流させることを特徴とする回生電流帰還制御方法。

【請求項2】 電源回生動作時にスイッチング素子をオン/オフさせて回生電流を流す電源の相を選択する回生電流帰還制御方法において、スイッチング素子をオフにして選択された相への回生電流の流れを遮断し、次の相へ回生電流を流すためのスイッチング素子をオンにするスイッチング素子の切り替え時に、設定所定区間両スイッチング素子が共にオンになるようにスイッチング素子オン/オフを制御する回生電流帰還制御方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、モータ駆動用インバータ装置における電源回生動作時における回生電流帰還制御方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 モータ駆動用インバータ装置等においては、回生電流を電源に帰還させる方法として、3相電源に対し、電源電圧の絶対値が高い2つの相に回生電流を流すように、スイッチング素子をオンオフ制御している。図1は、この電源回生動作に関係する手段の要部を示す図である。図中、R、S、Tは3相電源のR相、S相、T相端子を意味し、符号1はACリアクトルと該ACリアクトルから電源までの浮遊インダクタンスを含むインダクタンスである。SW1～SW6はスイッチング素子、D1～D6はダイオード、CはDCリンクコンデンサである。

【0003】 図4は、上述した構成において、従来の方法による電源回生動作時の回生電流制御動作の説明図である。図1において、インダクタンス1の電源側の各相端子をR1、S1、T1、スイッチング素子側の端子をR2、S2、T2とすると、図4における最上段に示す曲線は、端子R2、S2、T2の電圧（電源の各相電圧）を示し、該曲線の下に記載されたSW1～SW6はスイッチング素子のオン/オフ状態を示している。また1rはR相の出力電流を示すものである。なお、4図において、R相のみ電源ノイズを記入している。

【0004】 電源のR相の電圧が一番高い時にはスイッチング素子SW1をオンとし、かつスイッチング素子SW5（S相の電圧が一番低い時）若しくはスイッチング素子SW6（T相の電圧が一番低い時）をオンとして、R相-S相、またはR相-T相に回生電流1rを流すようにしている。また、S相電圧が一番高いときには、スイッチング素子SW2をオンとし、かつスイッチング素子SW4（R相の電圧が一番低い時）若しくはスイッチング素子SW6（T相の電圧が一番低い時）をオンとして

S相-R相またはS相-T相に回生電流が流れるようにしている。更に、T相電圧が一番高いときには、スイッチング素子SW3をオンとし、かつスイッチング素子SW4（R相の電圧が一番低い時）若しくはスイッチング素子SW5（S相の電圧が一番低い時）をオンとしてT相-R相またはT相-S相に回生電流が流れるようにしている。

【0005】 各スイッチング素子SW1～SW6の1つがオンからオフに切り替わり他のスイッチング素子がオフからオンに切り替わる時僅かの遅れがあり、このとき電源にノイズが発生する。例えば、図4におけるa点、すなわち、スイッチング素子SW1、SW6がオンで、回生電流をDCリンク電圧側から、スイッチング素子SW1、端子R2、R相のインダクタンスL、端子R1、電源、端子T1、T相インダクタンスL、スイッチング素子SW6、DCリンク電圧側への回路で回生電流が流れているとき、次に電源のS相の電圧が大きくなりこのS相に帰還させるためにスイッチング素子SW1をオフにし、スイッチング素子SW2にした場合、その間のオン、オフの遅れの間、スイッチング素子SW1、SW2が共にオフの間が生じ、R相、T相のインダクタンスに蓄積されたエネルギーにより、端子R2、R相インダクタンスL、端子R1、電源、端子T1、T相インダクタンスL、端子T2、スイッチング素子SW6、ダイオードD4、端子R2と電流が流れ、端子R2と端子T2は短絡された状態となり、端子R2と端子T2の電圧は同一となる。その結果、図4に示すように端子R2の電圧はそれまでの端子R2の電圧と端子T2の電圧の中間点まで変化する（なお、図4にはR相の電源ノイズについてのみ記載しているが、a点においては端子T2の電圧も変化した（4図の場合は上昇）、端子R2と端子T2と同一となる。

【0006】 そして、このように端子R2の電圧が大きく変化することから、図4の最下段に示すようにR相への帰還電流1rは急激に変化することになる。他のスイッチング素子の切り替わり時においても同様に電源電圧にひずみが生じ、かつ、帰還電流が急激に変化することになる。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 上述したように、スイッチング素子の切り替わり時に、すなわち、回生電流が帰還する電源の相を切り替えるときに電源電圧に歪みが生じると、当該電源に接続された他の電気機器にこの電源電圧の歪みの影響が生じ、これら他の電気機器の誤動作の原因を作っている。

【0008】 そこで、本発明の目的は、回生電流の電源各相への帰還を切り替えるときに生じる電源電圧に対する歪みを減少させる回生電流帰還制御方法を提供することにある。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、再生電流を流す電流の相をスイッチング素子を制御して切り替える際に、設定所定区間今まで再生電流を流した相と次に流す相とに重複させて同時に流すようにスイッチング素子を制御することによって再生電流切替時に発生する電圧の歪みを小さくする。

【0010】

【作用】再生電流を帰還する場合、再生電流を電源電圧の絶対値が大きい2つの相に流れるようにスイッチング素子が切り替えられる。そのため、現在再生電流を流している相と、次に再生電流が流れるように切り替えられる相の電圧は切り替え時においては同等な電圧である。その結果、オフにするスイッチング素子と次にオンにするスイッチング素子を同時にオンになる区間を設け両端をショートさせたとしても電圧の変化は少なく電源電圧の歪みは小さく抑えられる。また、電圧の変化が小さいから、電流の変化も少ない。

【0011】

【実施例】図3は本発明の一実施例の再生電流帰還制御方法の説明図である。本実施例では、図4と比較して分かるように、次にオンにするスイッチング素子を今までオンしていたスイッチング素子をオフにする前にオンにしている。

【0012】すなわち、端子T2の電圧が一番高く端子R2の電圧が一番低い図3にT-Rと表示する区間では、再生電流をT相、R相に流すべくスイッチング素子SW3、SW4をオンに制御し、再生電流をスイッチング素子SW3、T相のインダクタンスL、電源、R相のインダクタンスL、スイッチング素子SW4の経路で流している。そして、次の図3でT-Sと表示する区間では電源電圧の絶対値が大きい相はT相とS相であるから、再生電流をR相からS相に流れるように切り替えるためスイッチング素子SW4をオフ、スイッチング素子SW5をオン切り替えるが、この場合、スイッチング素子SW4をオフにする前にスイッチング素子SW5をオンにする。両スイッチング素子SW4、SW5が共にオンの状態では、端子R2と端子S2は短絡された状態となり、両端子電圧は同一となる。しかし、両端子電圧

☆は、切り替わり時にはほぼ等しい値であるから、電圧変化は少ない。図3では、端子R2の電圧の変化のみを示しているが、端子S2の電圧も変化し、両スイッチング素子SW4、SW5が共にオンの状態では、端子R2、S2の電圧は同一となる。このように電圧変化が少ないので、R相電流 $i_r$ 、S相電流 $i_s$ の電流変化（電流の傾き）は図3に示すように少ない。

【0013】次のR-S区間に切り替わる前には、スイッチング素子SW3がオフになる前にスイッチング素子SW1をオンにする。端子R2と端子T2が短絡し両端子電圧は同一となる。この場合も、短絡前の両端子電圧の電圧差は小さいから、電圧の変化は少なく、R相電流の変化度も小さい。次のR-T区間に切り替わる時も、スイッチング素子SW5とSW6が共にオンとなって端子S2、T2を短絡するが、この場合でも、端子S2、T2の電圧差は小さいから、電圧変化は小さい。なお、図3では端子R2の電圧変化のみを記載し、端子S2、T2の変化を記載していないが、両端子電圧は同一レベルとなるものである。

【0014】さらに、R-Tの区間から次のS-Tの区間に切り替わる時も、スイッチング素子SW1、SW2が共にオンとなる区間を設けることによって端子R2とS2を短絡し同一電圧レベルとなるが、その変化量は小さいので、R相の電流 $i_r$ の変化量は図3に示すように小さい。

【0015】以上のようにして再生電流の各相電流 $i_r$ 、 $i_s$ 、 $i_t$ の絶対値を減少することができるが、その原理について以下説明する。説明の代表として、図3のb点の状態を例にして説明する。図2は、図3におけるb点における、スイッチング素子SW2とSW3が共にオンになった時の瞬間を直線的に表現した回路図である。このb点の状態においては、V1は電源電圧で図1における端子R1-T1間の電圧、V2は電源電圧より低い電圧相で図1におけるS1-T1間の電圧、V3はDCリンク電圧で図1におけるDCリンク電圧である。R、S、T相の電流を $i_r$ 、 $i_s$ 、 $i_t$ とすると、次の1~3式が成立する。

【0016】

$$V3 - L \frac{di_r}{dt} - V1 - L \frac{di_t}{dt} = 0 \quad \dots (1)$$

$$V3 - L \frac{di_s}{dt} - V2 - L \frac{di_t}{dt} = 0 \quad \dots (2)$$

$$\left( \frac{di_r}{dt} + \frac{di_s}{dt} \right) = \left( \frac{di_t}{dt} \right) \quad \dots (3)$$

上記1~3式より、

$$\left( \frac{di_t}{dt} \right) = (2V3 - V1 - V2) / 3L \quad \dots (4)$$

$$\left( \frac{di_r}{dt} \right) = (V3 - 2V1 + V2) / 3L \quad \dots (5)$$

$$\left( \frac{di_s}{dt} \right) = (V3 - 2V2 + V1) / 3L \quad \dots (6)$$

そこで、

$$V3 - V1 = \alpha \quad (\text{DCリンク電圧と電源電圧の差}) \quad V1 - V2 = \beta \quad (\text{位相を進めた先の電圧差})$$

とおくと、

$$\left( \frac{di_r}{dt} \right) = (\alpha - \beta) / 3L \quad \dots (7)$$

$$\left( \frac{di_s}{dt} \right) = (\alpha + 2\beta) / 3L \quad \dots (8)$$

$$\left( \frac{di_t}{dt} \right) = (2\alpha + \beta) / 3L \quad \dots (9)$$

5

上記7式からb点では $\beta > \alpha$ であるようにスイッチング素子SW2をオンすることにより電流 $i_r$ を減少させることができる。R相電流 $i_r$ から減少した電流は上記8式によりS相の電流 $i_s$ の増加分に含まれる。この操作によってR相電流 $i_r$ からS相電流 $i_s$ に電流を切換えることができる。この際の電源端子電圧 $R2, S2$ に与\*

$$-L (di_r/dt) - V_1 - L (di_t/dt) = 0 \quad \dots (10)$$

$i_r = i_t$ であるから、

$$(di_r/dt) = -V_1 / 2L \quad \dots (11)$$

5式と11式の値は負の値であるからその絶対値の大きさ※10※を比較すると、

$$\begin{aligned} |5式| - |11式| &= |(V_3 - 2V_1 + V_2) / 3L| - |-V_1 / 2L| \\ &= \{(-V_3 + 2V_1 - V_2) / 3L\} - (V_1 / 2L) \\ &= (V_1 - 2V_3 - 2V_2) / 6L \quad \dots (12) \end{aligned}$$

12式より $(|5式| - |11式|) < 0$ であることが分かる。このことは、5式の方が絶対値が小さい、すなわち本発明の方が電流変化は小さいことを示し、それにより電流切替の際に電源に与える電圧の歪みがより小さいことを示している。

【0018】以上のように、本発明では、再生電流の電源各相への帰還を切り替えるときに、電流変化（電流の傾き）を小さく抑え、電源電圧に対する歪みを減少させることができるものである。なお、上記実施例では、次にオンさせるスイッチング素子のオンのタイミングを早め、オフさせるスイッチング素子と共にオンになる区間を設けるようにしたが、逆にオフするスイッチング素子のオフのタイミングを遅くし、次にオンするスイッチング素子と共にオンする区間を設けるようにしてもよい。例えば図3のb点の位置で説明すると、本実施例では、R相の電圧が1番高い状態からS相の電圧が1番高くなる状態に移る時にスイッチング素子SW1をオフにし、それよりも前にスイッチング素子SW2をオンにして、2つのスイッチング素子SW1, SW2が共にオンになる区間を設けているが、スイッチング素子SW1オフするタイミングをS相の電圧が1番高くなる状態のS-T区間の領域まで僅か延長させてオフにし、スイッチング素子SW2は1番電圧が高くなる相がR相からS相に変化した時点でオンにしてスイッチング素子SW1, SW2が共にオンとなる区間を形成するようにしてもよい。

【0019】

\*与える歪みは $(R2 + S2) / 2$ である。

【0017】また、図3のb点に対応する従来の方法における図4のa点において、R相に流れる電流変化をみると、端子R2とT2が短絡された形となるものであるから、

【発明の効果】本発明は、再生電流が帰還する電源の相を切り替えるときに、電流変化（電流の傾き）を小さく抑え、電源電圧に対する歪みを減少させるから、当該電源に接続された他の電気機器に電源電圧の歪みによる影響を小さくし、これら他の電気機器の誤動作等を少なくすることができる。

#### 20 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を適用するモータ駆動用インバータ装置等における電源再生動作に関する手段の要部を示す図である。

【図2】本発明の一実施例における電源再生動作時の再生電流帰還制御方法の説明図である。

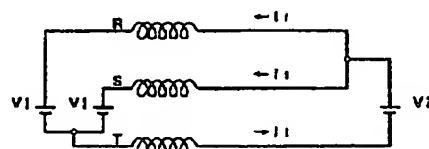
【図3】同一実施例におけるスイッチング素子のオン/オフ切り替わり時の電流の流れを解析する説明図である。

30 【図4】従来の電源再生動作時の再生電流帰還制御方法の説明図である。

#### 【符号の説明】

1 ACリアクトルおよび浮遊インダクタンスを含むインダクタンス  
SW1～SW6 スwitchング素子  
C DCリンクコンデンサ  
R 電源R相  
S 電源S相  
T 電源T相

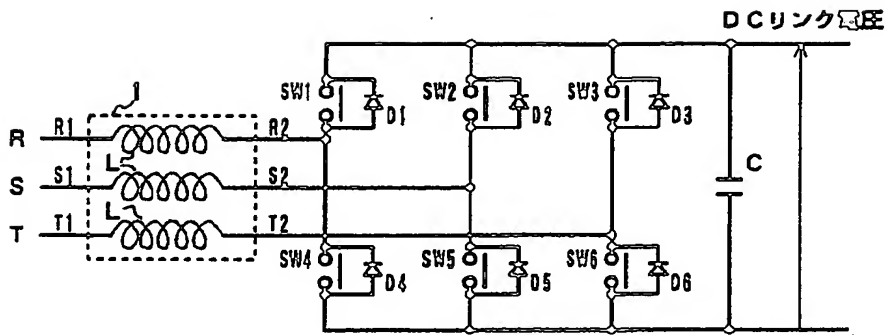
【図2】



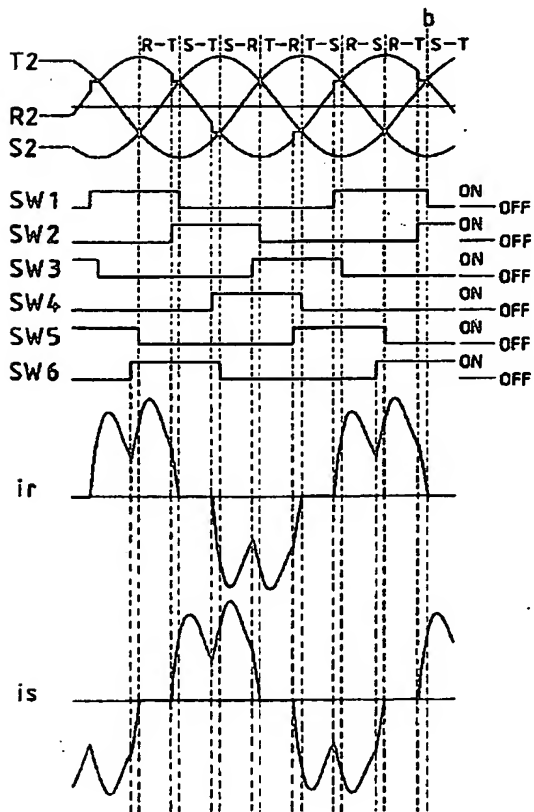
(5)

特開平6-327291

【図1】



【図3】



【図4】

